

省エネルギー・資源循環型農業用水浄化システムの開発

1．研究開発の概要

富栄養化によりアオコ等藻類で汚濁した農業用ため池を、経済的かつ効果的に浄化する手法は従来では見当たらなかったが、水流機および凝集装置とひも状繊維式浄化装置からなる省エネルギーで資源循環型の浄化手法を開発した。本手法により水流機の適切配置により浮遊アオコによる景観阻害や悪臭の解消が可能となり、さらに凝集装置およびひも状繊維式浄化装置を追加することにより池全体を農業用水規準（水稻）並の水質に浄化できることを確認した。

2．導入効果

- 1) 水流機をため池表層の適所に配置し池全体を循環させることにより、絵の具状に浮遊したアオコによる景観阻害や悪臭の解消の効果が得られる。
- 2) 上記に加え、鉄系凝集剤を用いた凝集装置とひも状繊維式の浄化装置の組み合わせシステムを用いることによりSS、Chl-a、りん、窒素等栄養塩等各種水質項目の除去率が概ね90%程度の浄化能力が発揮でき、ため池全体の水質を向上させる効果が得られる。

3．研究開発期間

平成11年度～平成14年度

4．研究体制

組合：株式会社日立製作所、株式会社大林組

独立行政法人農業工学研究所：水工部 水環境保全研究室

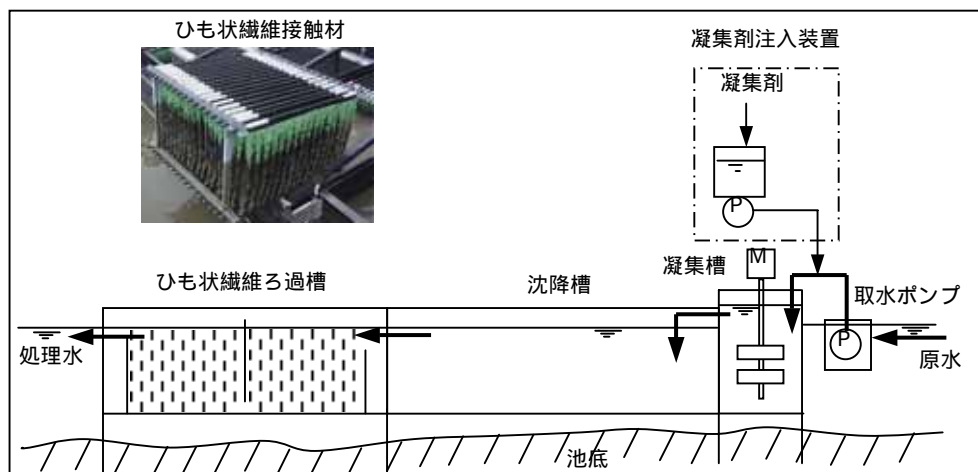
5．従来技術との比較

1) 従来技術

ため池に水流機のみまたは礫、ひも状繊維等生物処理装置を単独に導入されることはあったが、これらの手法ではアオコがため池一面に浮遊するような汚濁状態を農業用水基準（水稻）に見合うような水質浄化を図ることはできなかった。

2) 新技術

池各所に配置された水流機により浮遊アオコを1ヶ所に集約させ、凝集およびひも状繊維式装置で凝集沈殿およびろ過し池全体を浄化する手法。（特許申請中）



新技術開発の成果

1 新技術の概要

1.1 新技術導入のポイント

農業用ため池は、国内に二十万余個あり灌漑，営農，飲雑，防火，消流雪，景観，地域用水等多目的に用いられている。しかし富栄養化しアオコ等の汚濁により農産物への被害，農業用機器への弊害さらに景観悪化や悪臭等住民からの苦情等の問題が生じている。

その浄化方法としては、礫，ひも状繊維，プラスチック等による浸漬型生物ろ過，物理化学的处理，電気的处理等多種多様あるが、広域水域に浮遊したアオコを簡単に解消し、かつ低コストで定量的に水質向上の効果を発揮し汎用的評価をした例は見当たらない。

ため池の浄化装置としては、下記のような要件が望まれる。

高浄化性能であること

経済的であること

構造設計が柔軟性に富んでいること（装置の構造が自由な形で設計できること）

移設運搬が容易であること（軽量であること）

維持管理が容易であること（目詰まりがなく、交換が不要等により保守が容易）

汚泥の扱いが容易であること（特に再利用化されることが望ましい）

汚濁物(主に藻類)除去のための浄化装置は、微生物の自然浄化力を使うことが低コスト化に有利であることから生物ろ過装置が多くを占めるが、これまでの調査や経験から上記のような要件(特に ， ，)に適合するものとしては、ひも状繊維が最適と判断した。その結果、開発装置はひも状繊維装置が主体のシステムとした。しかし、藻類濃度[指標；クロロフィル a (ChL-a)]が高く(ChL-a > 約 300 $\mu\text{g/L}$)になると、絶対除去量が飽和し生物処理装置として限界があることが分かった。特にアオコである藍藻類は絶対除去量が少ない傾向があった。そのため凝集剤を注入し凝集分離の化学的处理を追加し目標の浄化レベルが達成できた。すなわち、アオコ等が浮遊する汚濁レベルのため池浄化は、生物処理方法のみでは期待できず、凝集装置を追加した組み合わせが必要で(藻類濃度が低い時は生物処理単独でもよい)、凝集装置として、凝集剤にポリ硫酸第二鉄液(5～50ppm，基準値 10ppm)を用いると藻類のみならず栄養塩も高除去率(約 90%レベル)で除去でき、注入した凝集剤も殆ど回収できることが分かった。

一方、池全体を浄化するに当っては上記のような除去装置を単に導入するだけでなく、全域の藻類の繁殖抑制や広域に分布した藻類を効率よく回収する等池全体に関して浄化対策することも極めて重要であり、この目的のために水中ポンプを内蔵した浮上型水流機を適宜配置して良好な成果を得た。

上記手法を汎用的に適用するために、生態系モデルによるシミュレーションを実施して、クロロフィル a の当初汚濁レベルを 100 $\mu\text{g/L}$ 以下に浄化するための装置の規模を策定した。その結果、1 日の処理量が浄化対象水域の水量の 10～20%のものを選定する必要があることが分かった。(浄化目標レベルへの達成日数は全水量が 1 循環する日数で 5～10 日程度と予測される。)

さらに今後ため池浄化のために、時間と費用の省力化を図るため上記手法を基準案化した。

1.2 新技術の概要

1) 説明図

1 次対策:

目的: 広く水面に浮遊し滞溜するアオコを効率よく回収すること、アオコの群体をポンプの衝撃で微細化し繁殖を抑制すること、またアオコの腐敗臭を解消することおよび水面の景観改善を図ること等を目的とする。

要領: 下記のような水流機を浄化対象水域に数台適宜分散配置して、表層の浮遊アオコ等を浄化装置設置個所の近傍に誘導する。

水流機の設置台数は、浄化対象水域の水量が1日1回水流機を通過するように計画する。

代表的水流機

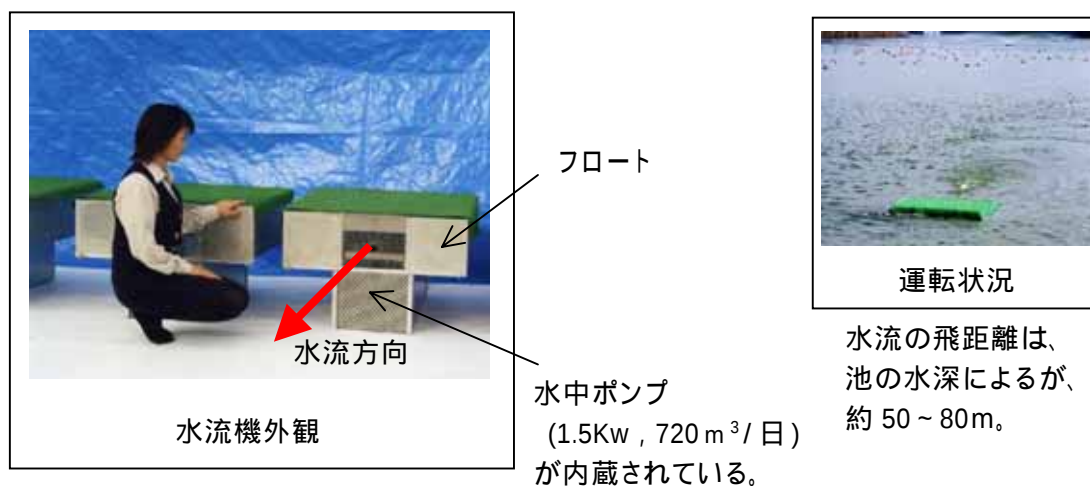


図 - 1 水 流 機

水流機の配置例

(例; 1,500m³の池なら上記水流機2台、池の対抗位置に配置し全体を循環させるようにするとよい。)

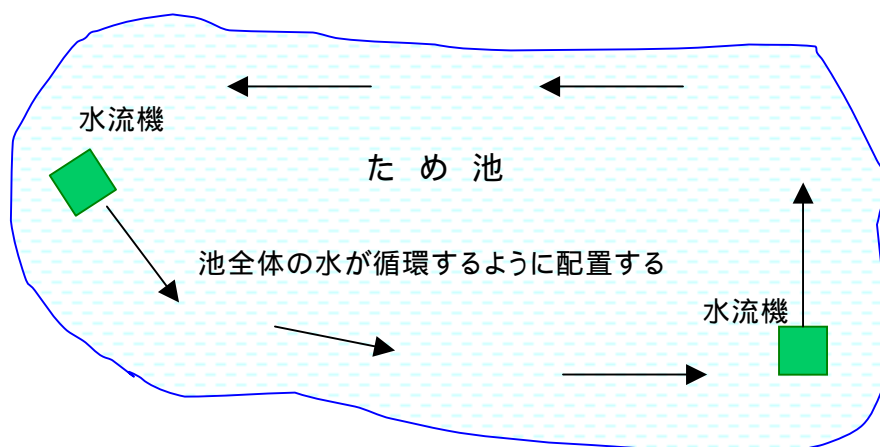


図 - 2 水流機の配置例

2次対策:

目的：ため池の水質改善（藻類除去、栄養塩除去等）を目的とする。

要領：下図のような取水ポンプ＋凝集剤注入装置＋凝集槽(攪拌槽)＋沈降槽＋ひも状繊維ろ過槽からなるシステムの浄化装置を導入する。

処理水の放流部に放流ポンプまたは水流機を設置して、処理水を池全体に飛散するようにすることが望ましい。

沈降槽及びひも状繊維ろ過槽の大きさは、各々滞留時間が2時間程度の大きさがよい。凝集装置は原水汚濁濃度に応じ、必要時に運転すればよい。

上記システムの装置を浄化対象水域に1ヶ所または数ヶ所分配して配置する。

基本システム構成（池内設置の例）

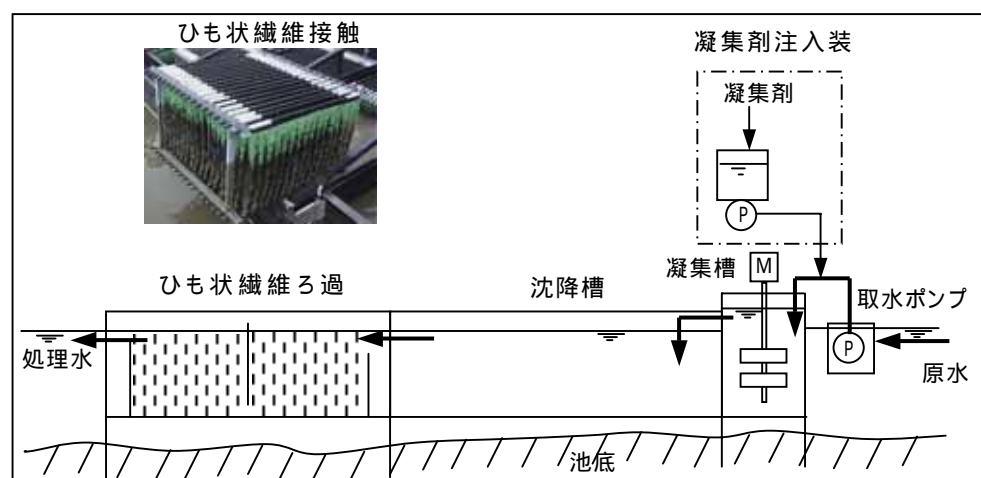


図 - 3 基本システムの構成図

ひもの種類は、汚濁物の除去対象により無機物主体用（付着により浄化し、曝気は不可。）と有機物主体用（ひも繊維の表面に生物膜を形成させ微生物の自然浄化力を利用する。曝気が必要。）の組合せを基本とする。
 無機物が多く含まれる場合は無機物用ひも種を多くする必要があるが、汚泥は曝気槽に比べ多くなることに留意する必要がある。

ひも状繊維

無機物除去対象ひも(無曝気用)

40mm (15g/m)



組成: 密網
 材料:
 ナイロン + ポリエチレン
 堆積汚泥は多い。
 交換は不要。

有機物除去対象ひも(曝気用)

70mm (25g/m)



組成: 疎網
 材料:
 塩化ビニリデン
 堆積汚泥は少ない。
 交換は不要。

図 - 4 ひも状繊維

池水原水の水質状況によっては、いずれか単独であってもよい。

2) 導入により効果があった事項

水流機の導入による効果例 （同等効果の他例多数あり）



図 - 5 水流機の導入による効果例

(ChL-a は数 1,000 $\mu\text{g/L}$ から数 100 $\mu\text{g/L}$ レベルまでの浄化が期待できる。)

水流機と浄化装置(凝集装置とひも状繊維ろ過装置)の導入による効果例
(池を2分し、東側(図の右)を自然のままの池とし西側(図の左)を浄化対象とした。)

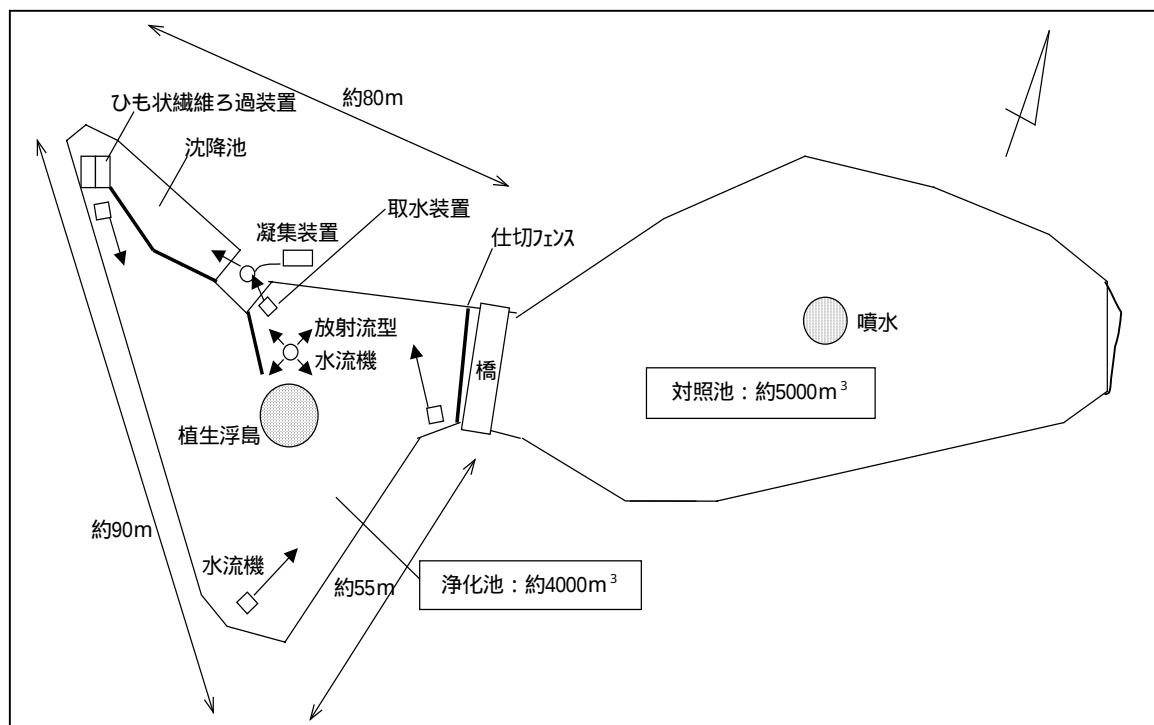


図 - 6 装置配置図

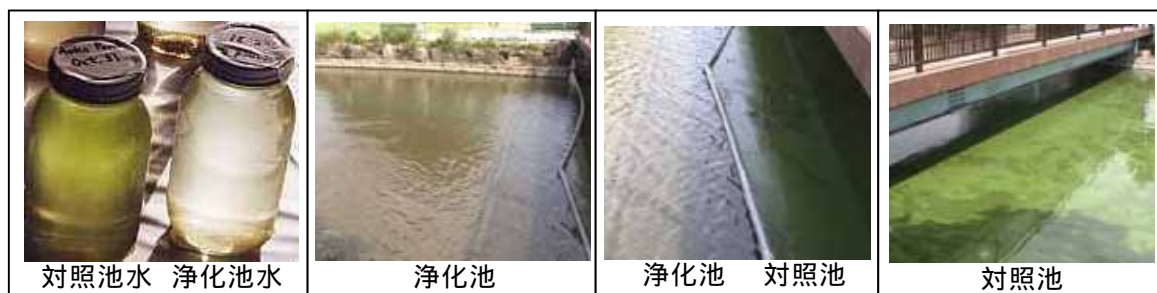


図 - 7 外観上の浄化効果

自然池(対照池)に対し、浄化池の方が一目できれいになったことが分かる様になった。

表 - 1 対照池と浄化池の水質分析結果と浄化システム除去性能結果

	ChL - a	浮遊物質(SS)	COD	全窒素(T-N)	全リン(T-P)
対照池	370 $\mu\text{g/L}$	47 mg/L	22 mg/L	5.5 mg/L	0.42 mg/L
浄化池	92 $\mu\text{g/L}$	25 mg/L	7.9 mg/L	1.4 mg/L	0.15 mg/L
浄化システム 除去率	96 %	93 %	81 %	92 %	92 %

浄化対象水量: 4,000 m^3 に対し、浄化装置の処理量: 480 m^3 /日で、ChL-aが上記に達成するまで約8日かかった。これは丁度、処理水が池水量と1回入れ替わるに必要な日数に相当する。上記値は8日後から約1ヶ月持続して測定した値を示す。

生態モデルを使った浄化予測の妥当性を示す結果例

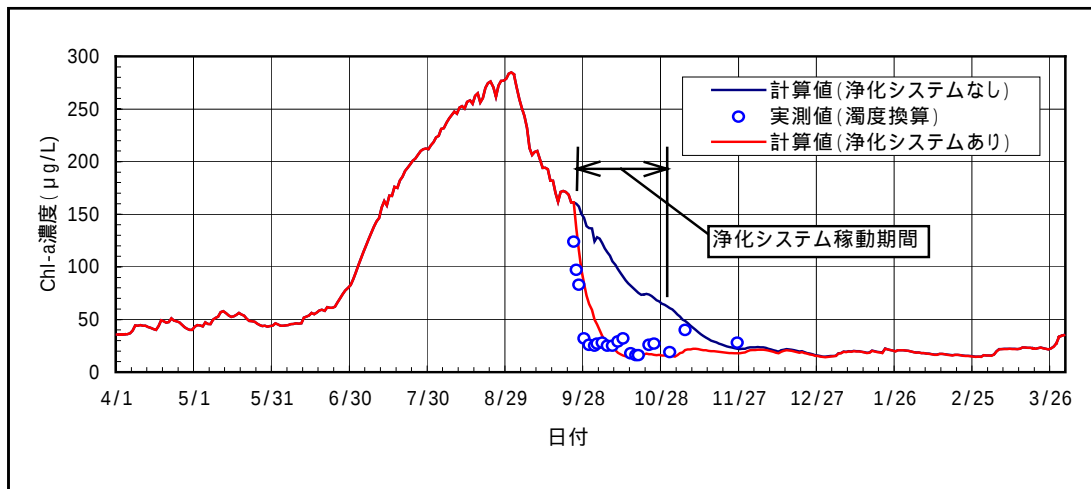


図 - 8 生態モデルを使った浄化予測の妥当性を示す結果例

(注記) 利用した生態モデル；

松岡譲，霞ヶ浦の富栄養化モデル，国立環境研究所報告 第 54 号(1984)

9 月中旬に浄化装置の運転を開始し、約 8 日目で自然の汚濁状態から低レベルに達したが、浄化シミュレーションによる予測とよく合致した。

3) 効果を普及させる上での課題

各ため池管理部門の浄化目標の確認調査と本開発成果の P R 活動

各ため池の立地条件に合わせた浄化システムの具体的仕様と装置構造の検討及び費用の算定

上記計画に基づく実用装置による浄化効果の実績作り

1.3 新技術の特徴

従来工法との比較した本工法の特徴は以下の通りである。

表 - 2 従来工法と本工法の比較

項目		従来手法	新技術による手法
1. システム構成		水流機、ひも状繊維ろ過装置、凝集装置等は単独手法としては広く知られているが、組合せた例はない。アオコ等で汚濁した池を定量的に浄化した事例もない。	水流機、ひも状繊維ろ過装置、凝集装置等を組合せ、水域全体の収支を考慮した浄化方法で、アオコ等で汚濁した池を定量的に浄化予測して対処できる。
2. 浄化予測技術		浄化予測した例は見当たらない。	ある程度の浄化効果を予測できる。
3. 浄化効果		水流機等で浮遊したアオコを消滅させた例はあるが、汚濁物を除去し水質を向上した例は見当たらない。	水域全体の浄化効果を監視しながら、必要に応じ凝集装置を運転し確実な浄化効果が期待できる。
4. 工事費		各池の立地条件によるが、費用に見合った効果が発揮できていないのが実情である。投資対効果が見合っていないため適用が限られている。	基本的には従来の各装置の単独工事を積み上げたレベルとなるが、池内設置用は各池立地条件ごとに算定して行く必要がある。
5. 維持管理		汚濁状況に応じた運転をしていない。	汚濁状況に応じ、かつ浄化効果を見ながら運転管理する必要がある。
6. 施工性		水流機は除いて、池内に設置した浄化装置は見当たらない。一般に陸上設置型が施工性はよいが省エネ性に関しては不利となる。	陸上設置型、池内設置型両方式があるが、省エネ化しやすい池内設置型を今後の基準とするのがよいと考えている。
7. 施設の機能		単独装置の機能には限界性があり、汚濁濃度に対応した運転が不可。	組合せにより浄化性能の相乗効果が期待でき、臨機応変の運転が可。
8. 発注方法の検討	適用歩掛	仕様が確定しておらず個々の見積単価による。	目下新技術として開発されたばかりであり個々の見積単価による。
	特許の扱い	個別の装置に関して製作メーカーの特許はあるが、適用する上での障害にはならない。	浄化手法に関する新技術開発組合等の共同特許を出願済み。
	契約方法	請負工事に含む	請負工事に含む。運転パターンの保守作業も考慮する必要がある。

2 新技術に適合する現場条件

1) 本事例における現場条件

立地条件：

浄化対象水域は原則として、生活排水、河川等の高濃度汚濁水の流入が極めて少ない閉鎖水域(雨量流入は考慮)の浄化を対象としている。

流入量の目安は、日量浄化対象水域水量の1%以下で、多い場合は流入部を対策する必要があると生じてくる。

汚濁形態：アオコ等藻類が主体の汚濁で、有害物質、色等特殊汚濁形態は対象外である。

浄化期間：浄化することが基本であるが、浄化目標に応じて期間を限定してもよい。

2) 他地区への適用条件

本浄化方式は、農業用ため池浄化のために開発されたものであるが、一般用ため池、親水池、湖沼等閉鎖水域も汚濁形態は同様であり広く適用可能である。

浄化対象水域の立地条件、汚濁形態、浄化期間等は前記と同様である。

3 設計の考え方

浄化対策はどのような水域範囲(全域でなくてもよい)を、期間を含めてどのような汚濁状態からどのような水質状態まで浄化するかを計画することであり、具体的浄化計画をするに当たっては、立地条件や水質の汚濁状態を事前に知る必要がある。

立地条件としては、浄化対象の貯水量、水深、流入部等の条件を把握する。

汚濁状態については、汚濁物の実態が有機物・無機物、懸濁態・溶存態、藻類種(藍藻類、珪藻類、緑藻類等)、しかもそれらの繁殖する時間帯、および時期・季節等々、池の汚濁特性を把握・確認することが必要である。水質項目としてChL-a、SS、BOD(生物処理のためにCODよりBODがよい)、T-N、T-P、VSS、pH、汚濁物の実態(顕微鏡写真)等を事前に知ることが肝要である。

水温が高い夏場に浮遊アオコが繁殖するような藻類が主体の汚濁形態の場合は、本開発手法の適用が可能であり、浄化対策としては浄化装置の設置計画を立て、浮遊汚濁物が効率よく浄化装置の設置個所に集まるように水流機の配置計画をする。

浄化装置の処理量規模は、下図に示されるシミュレーションの結果から処理量が1日当り浄化対象水域水量の10~20%が妥当と予想される。例えば、1日当りの処理量が浄化対象水域水量の10%の装置を計画すると、クロロフィル-a濃度が対策前に対し約1/3に低減できると予想される。なお、クロロフィル-aがおおよそ300 μ g/Lを越えるような濃度になる場合は、凝集装置を作用させる必要があるため、対策実施前に実池水をサンプリングして、凝集剤濃度をパラメータにビーカ凝集試験により最適濃度を確認しておく必要がある。凝集剤濃度は5~50ppmの範囲で、10ppmを目安とする。

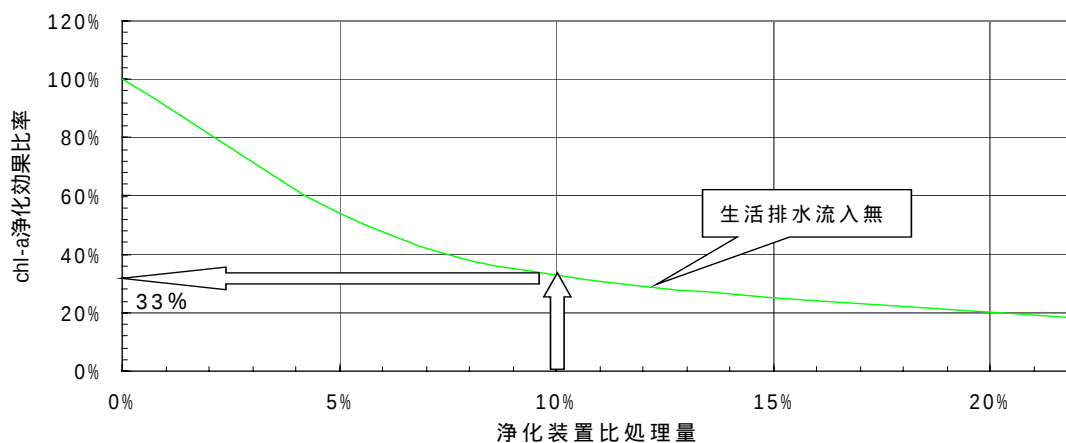


図 - 9 浄化装置の処理量規模によるため池浄化効果のシミュレーション

4 設計のフローチャート

設計計画のフローチャートを下図に示す。

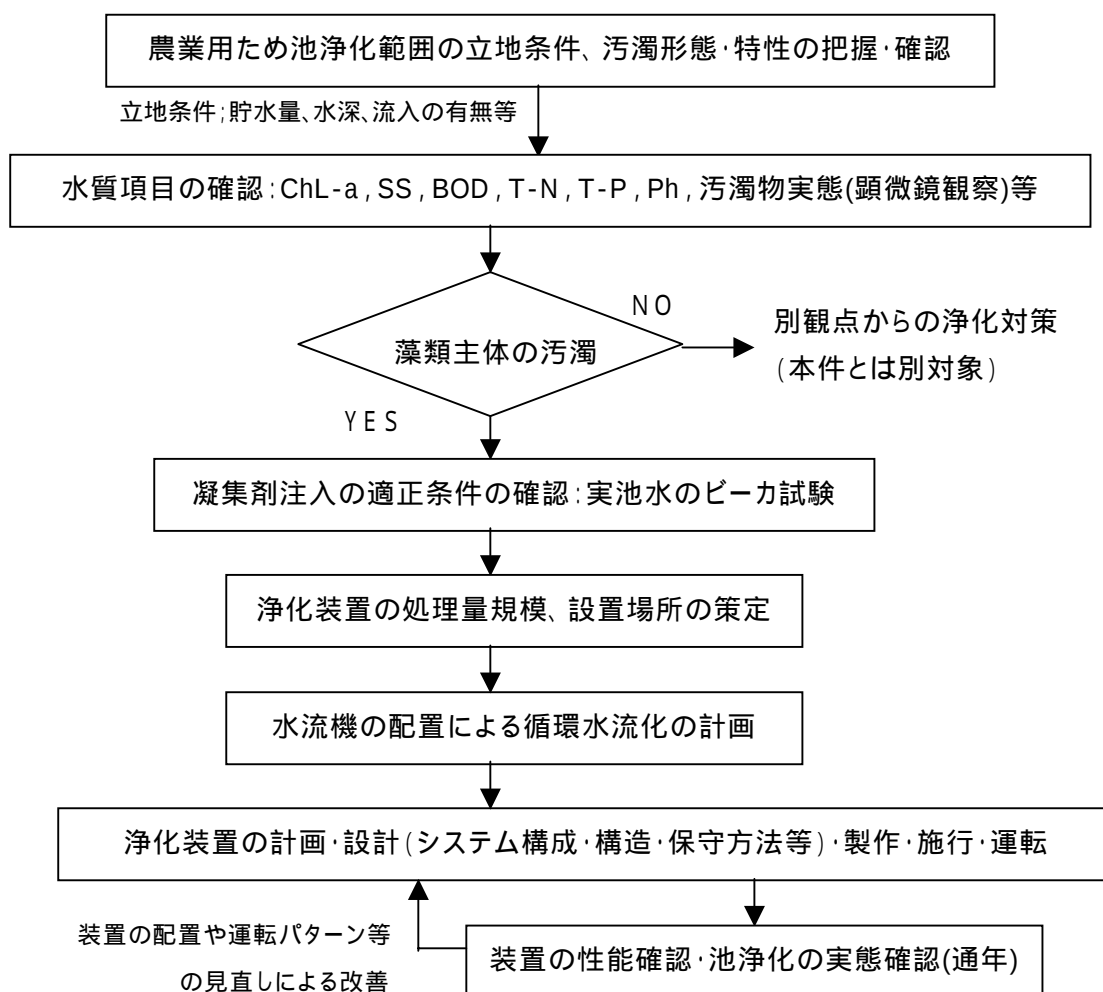


図 - 10 設計計画のフローチャート

5 設計に当たっての留意事項

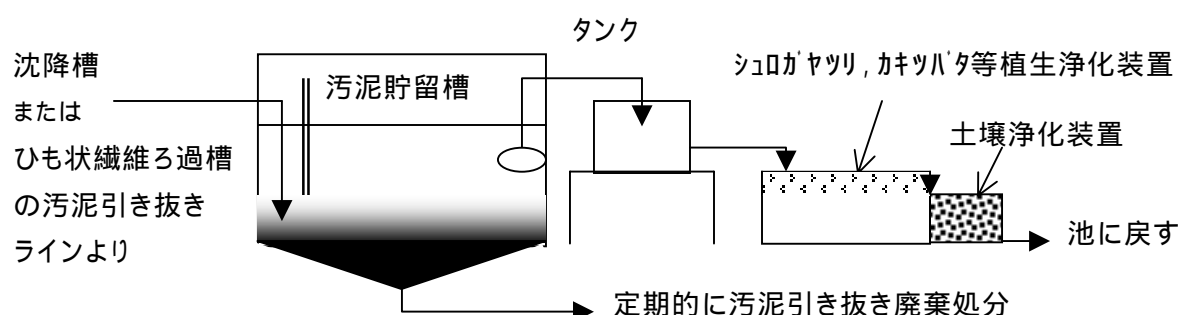
水質浄化の計画に当たっては、いかに効率よくかつ経済的に水域から汚濁物を除去するか（繁殖抑制含む）検討することであるが、除去した分は汚泥として処理しなければならないことに留意する必要がある。

汚泥は不要物として扱われかつ殆どが水（一般には含水率が約 95%以上）であるため、できるだけ脱水し減容化することが望ましい。

幸い汚泥量は処理量に比べ少ない（処理量の数%以下のオーダで発生）ので、ある程度貯留しておいて少量づつかまたは間欠的に処理すればよい。

本研究で知見を得た汚泥の減容化方法の例を以下に示す。

1）土壌・植生を用いる方法：（汚泥貯留槽を設け沈降分離した上澄水を処理する方法）



シュロガヤツリ

または

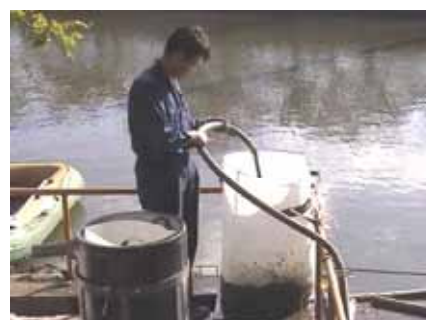
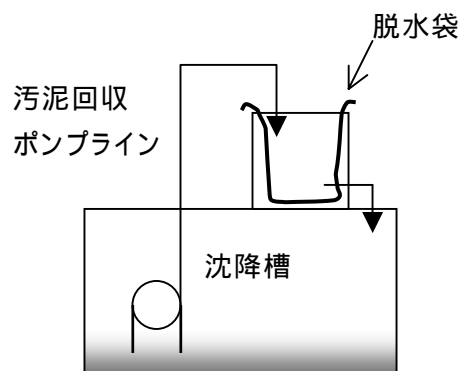


カキツバタ 等

図 - 11 沈降分離と土壌・植生を利用した汚泥減溶化方法

植生の T - P 除去率約 85～90%，T - N 除去率約 82～86%，土壌(芝地)の T - P 除去率約 90%，T - N 除去率約 60%等の性能の結果から，上澄水を池に戻すには面積的に植生が約 90%，土壌が約 10%の割合で組み合わせることが好ましい。汚泥量は概ね数分の 1 となる。

2）脱水袋を使用した例



作業例。セロース製袋により20分で汚泥が1/10に減容できるものもある。袋ごと廃棄する。

図 - 12 脱水袋を使用した汚泥減溶化方法

6 設計に必要な各種設計数値(水質項目)の考え方

農業用ため池の水質をいくらに浄化すればよいかは、用途が水稻用に対しては下表のように定められている。

表 - 3 農業用水基準(水稻)

水質項目	農業用水基準(水稻) (農林省公害研究会 1970 年 5 月)
p H (水素イオン濃度)	6.0 ~ 7.5
C O D (化学的酸素要求量)	6 m g / L 以下
B O D (生物化学的酸素要求量)	—
S S (浮遊物質)	100 m g / L 以下
D O (溶存酸素)	5 m g / L 以上
T - N (全窒素濃度)	1 m g / L 以下
E C (電気伝導度)	0.3 m S / c m 以下
重金属 A s , Z n , C u	0.05, 0.5, 0.02 m g / L 以下
T - P (全りん)	—
C h l - a (クロロフィル a)	—
藻類種(藍藻、珪藻、緑藻等)	—

ここで研究の対象にしたのは農業用ため池ではあるが、近年その用途として水稻用のみならず多目的に使用され、むしろ水稻用以外に用いられることが増えている。そのため上記水質基準を一律に適用することはできない。本研究に取り組んだ目的は、農業(水稻)用水上の問題の対策ではなく、農業用ため池といえども閉鎖的かつ富栄養化した池となっているためにアオコ等藻類が繁殖し、農業用器具、景観、悪臭等多目的機能上の問題が生じてきているために、その対策に主眼を置いたものである。

この観点からは、水質項目としては藻類種の同定、藻類量の指標となる C h L - a , B O D (または C O D) , 藻類の栄養塩となる T - N , T - P 等の指標に着目することが重要である。

また自然界の生態を対象としているため、汚濁水の流入があるとその対策が難しくなるため、本研究では流入の少ない閉鎖水域に絞った。しかし問題となるため池は概ね長年にかけ池底に汚泥が堆積しており、底泥からの栄養塩の溶出は避けられない。

上記の背景および観点から、上記に定められていない水質項目として、ここでは一応下記のように浄化目標値を考えた。

ChL - a : 100 μg/L 以下

T - P : 0.04 mg/L 以下

藻類種 : 藍藻以外が優占、浮遊アオコの解消、悪臭のないこと。

実証試験池の浄化した主な水質項目の達成値は、

ChL - a が 92 μg/L , C O D が 7.9mg/L , B O D が 6.2mg/L

T - N が 1.4mg/L , T - P が 0.15mg/L , 優占藻類種が珪藻類

であるから、COD、T-N、T-Pが浄化目標に対して達成できていない。この原因は実底泥からの溶出試験の結果から底泥(約30 cm程度の層)からの溶出にあると考えている。この目標を達成するためには、浚渫方法が一般であるが、浚渫はため池浄化に対しては費用が大き過ぎる。本研究では水流機により底泥が巻き上がっていることが分かり、巻き上げによる汚濁分も含めて凝集装置により浄化が発揮できたことから、長期的には徐々に底泥が減るものと期待している。

以上の例のように浄化とはいくらの汚濁量(またはDOのように増やす必要のものもある)をいくらにするかであるが、ため池のように滞留時間が長い閉鎖水域では藻類等微生物が介在するため、単に物理量の収支に留まらず増殖や死滅による変動が物質収支の挙動を難しくしている。この様なことから水質項目は、多項目に亘り監視する必要がある。多くの水質項目を設計予想の値に制御するには凝集装置の採用は不可欠と考えている。

7 積算の考え方

費用の内訳は、機器費(水流機、水流機制御盤、取水装置、凝集装置、沈降槽、ひも状繊維ろ過装置、曝気装置、汚泥回収装置、脱水装置、浄化装置制御盤等)、据付工事費、電気工事費、パターン運転管理(薬剤等消耗品管理含む)、汚泥処理等保守作業等に分類される。これらは、装置の規模、設置条件等で各浄化対象水域別に多種多様である。部材費のみで2千万円程度(設計費、工事費不含)となるが、研究開発機は、耐久性1、2年で簡易的に製作したもので、上記費用の積算は、各池ごとに計画し実績を待たなければならない。

8 参考歩掛・積算

参考にオーダ的に費用を見積もるならば、例えば20,000m³の池に対して、処理量が200 m³/日(日量貯水量の10%)の浄化装置を適用する場合、3千万円程度(工事費不含)と見込まれる。

9 施行段階での留意事項

汚濁の要因が主に微生物の汚濁を対象としているため、他の生態・環境への影響や汚濁状態の時間的变化等考慮し、その汚濁形態(特に地理的な分布、濃度、藻類種の構成の時間的变化)に合せて、効率的にかつ経済的に浄化をしなくてはならない。

従って、汚濁の地形的な分布に対しては一気に大型装置を1ヶ所に設置するよりは、数ヶ所に配置したり、また水流機、凝集装置、ろ過装置等からなるシステムも汚濁条件や浄化目標に応じた運転制御が必要と考える。

従って浄化施設は移動できる方がよいし、浄化度合いに応じて据え付け位置等を換えることも留意しておく必要がある。

10 設計 Q & A

Q - 1 ; 本研究は数千トンの小さい池を対象とした実験結果であるが、実際は数万トンから数十万トンとかなり大きい。その場合本研究成果の比例倍でない対処の仕方としてアイデアはあるか。

A - 1 ; 大きい池の場合、全体を浄化するのでなく、まずは局所的な対応で浄化する必要がある。実際多くの場合、全域が満遍なく汚れているのでなく湾部等局所に限られることが多い。平面的に濃度分布していることが多いので、高濃度の所を局所に仕切って（簡易的でよい。）その部分はきちんと浄化し、徐々に拡大していくことが現実的であり効果がきちんと見極められると考える。いきなり大きいところに予算的に小規模装置を導入するのは、微生物の繁殖速度が勝ることがあり賢明ではない。

Q - 2 ; 汚濁対象が藻類等微生物であるとその繁殖状態は水温，日照量，栄養塩等の自然環境によって影響を受けるが、藻類の繁殖状態は装置の運転パターンと大きく関連するので参考のためシミュレーションによる目安でよいのでその度合いを知りたい。

A - 2 ; 自然環境が藻類繁殖に与える主な要素として、雨水量，水温，日射量，窒素・リンの底泥からの溶出等が考えられる。今回実証試験を行った池の条件を基準に、下記ケースについての ChL-a の結果を示す。

雨水量：現状雨量を基準値として、雨量無、その 10 倍，100 倍

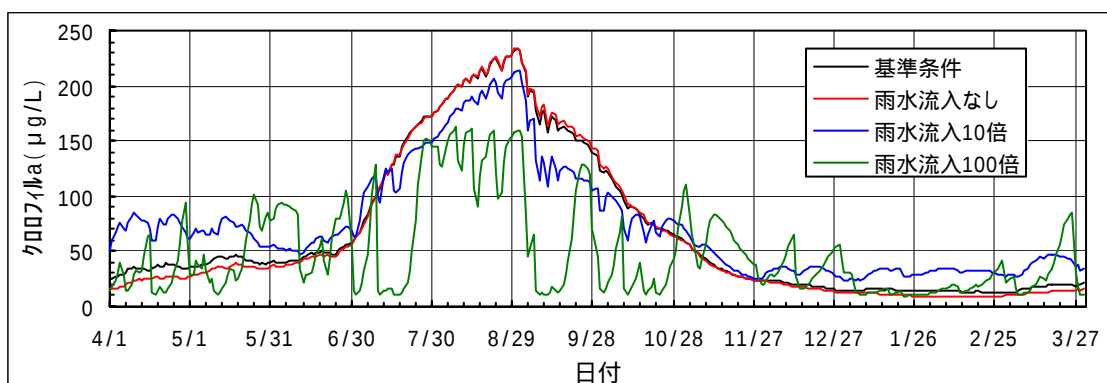
水温：年間平均 18 （最大約 30 ）に対し - 2 ， - 3.5 ， - 5

日射量：現状を基準値としてその 50 %、25 %、10 %

底泥からの栄養塩の溶出量：現状を基準値 * としてその 75 %、50 %、25 %

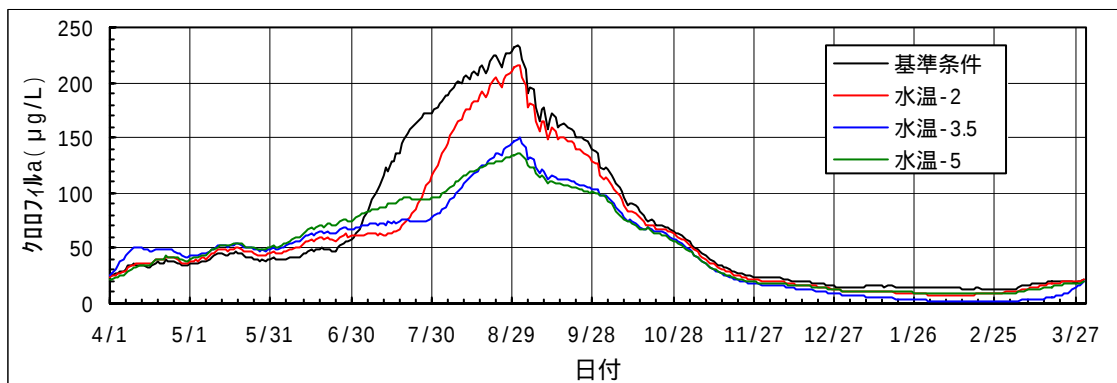
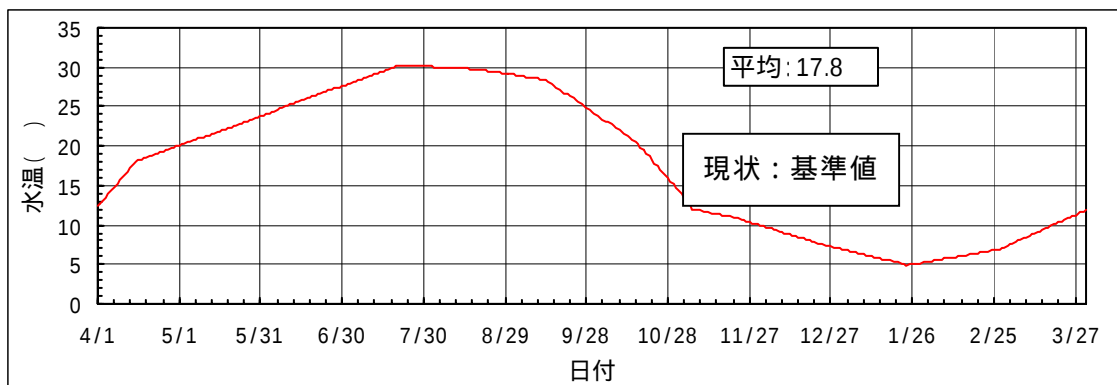
[* 現状の基準値は引用解析モデルによる値(霞ヶ浦)]

雨量の変化による影響



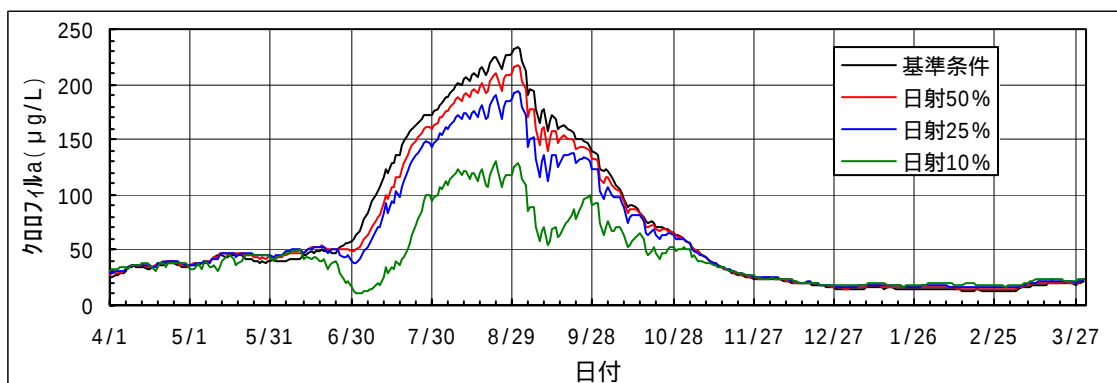
雨量により栄養塩が減るためその影響が出ている。夏場雨量がないとアオコが出やすくなる。逆に雨量が 10 倍に増えても藻類はそれほど減らない。

水温変化による影響



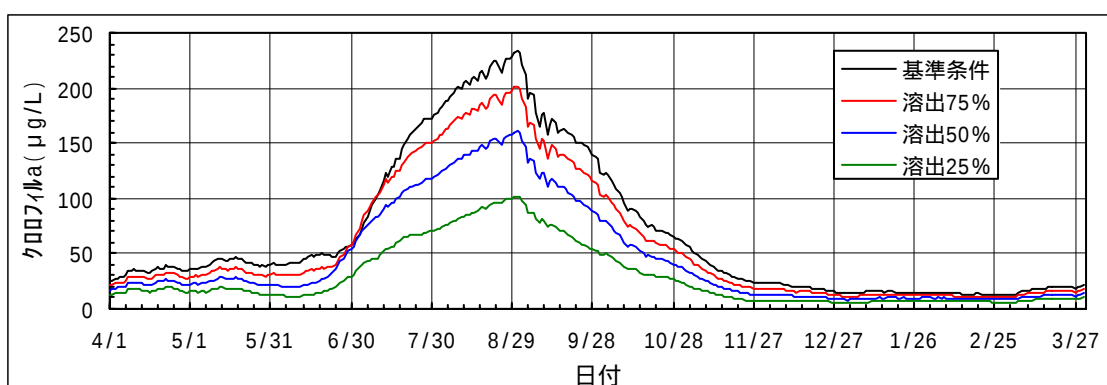
夏場 27 以上では藍藻が優占し、26 以下(基準値より-4)になると藍藻以外が優占してくる。藻類の繁殖のピーク域は水温のピーク域より多少遅れている。

日射量変化による影響



日射量の変化に対しては藻類変化が少なく、遮光しても相当暗くまたは長期暗くしないとその効果は低いものと予測される。

底泥からの栄養塩溶出量変化による影響



栄養塩の溶出量に対する依存度が高いと言える。従って底泥量を減らすことは相応に効果が出ることが期待できる。

なお上記結果は、現段階でのシミュレーション予測であり、精度評価のためには今後の調査結果との照合が必要である。

Q - 3 ; 本研究開発は浄化対象を閉鎖水域としているが、実際は多少なりとも生活排水等高汚濁水の流入するため池も数多い。ため池内部でのよい対策方法はないか。

A - 3 ; 高濃度汚濁水が流入し混合してしまうと、その汚濁量を回収するために、不必要な水量も回収して除去しなければならず、またその間藻類が繁殖しさらに汚濁量が増えるので、流入部で仕切りを設けその個所に浄化装置を置き一旦浄化してから流入させることが効果的と考える。しかし流入個所が多数か広域であるとその対策は難しいのも事実である。

Q - 4 ; 本研究開発で開発手法を導入し毎年同じ様に浄化運転を続けた場合、池の水質が年々向上することが期待できるか。

A - 4 ; 浄化評価は汚濁物の収支評価であり、流入量より排出量が勝れば、その分浄化されて行くことになる。実際は底泥からも溶出があり流入機構は複雑であるし、生態変化もあるため評価は難しい。そのためある程度浄化速度が速い規模のもの（せいぜい1ヶ月以内で効果が現れるものがよいと考える。数ヶ月では天候等自然現象の影響が含まれたりして何による効果が判定も難しくなる。）を導入する必要があると考えている。現段階では毎年同じ様な運転は必要と言わざるを得ないが、本方式では浄化が進むと藻類、栄養塩等が総合的に浄化されるので加速的に浄化が早まるとことも期待できると考えている。（ある池の浄化でアオコ等の発生が出なくなったかと思うと、予想外に早く（数日で）池底まで見えるように浄化が進んだ例がある。）

Q - 5 ; ろ過装置はひも状繊維として無機用を用いた場合、曝気は一切不要でよいか。

A - 5 ; ろ過装置は生物処理装置であり、無機用と言っても生物膜が形成される。生物膜が形成される以上水中の溶存酸素(DO)が消費され、ろ過槽内の滞留時間が1時間もあると数mg/Lになる場合が多い。そのため放流前でDO回復のため

の曝気装置があることが望ましい。必須か否かは、池全体として水流機によっても曝気が行われており、また水生植物等によっても十分酸素回復がなされる場合があるので必須とは言い切れない。

なお、積極的に微生物による有機物の酸化分解を期待するひもに対しては曝気が必要とするが、その場合処理水のDOはその曝気で回復される。

Q - 6 ; 今回の浄化手法に関して特許が出されているがどのような制約があるのか。

A - 6 ; 今回の研究成果の特許は独立行政法人農業工学研究所，株式会社日立製作所，株式会社大林組 3 社の共同特許として出願しており、必要時には下記に相談して欲しい。

株式会社日立製作所 電力・電気グループ

社会システム事業部施設システム統括部 内田英弘 TEL : 03-5295-5152(ダイヤルイン)

Q - 7 ; 植生浄化としてはヨシ(アシ)が有名であるが、シュロガヤツリやカキツバタは浄化性能、刈り取り等保守性、鑑賞性、費用等の面等どういう点でメリットがあるか。

A - 7 ; ヨシは浄化実験例が非常に多く、ある程度の知見が得られており、また今回の実証試験の場合は、水耕栽培できるものを使用したため、ヨシは選定しなかった。シュロガヤツリは浄化能力が高いと言われている植物であり、最近では西日本、九州等で浄化用に導入され始めている。冬でも全てが枯死することなく、発芽するものもあるので、刈取りは部分的に行うだけで良い。カキツバタは鑑賞用水生植物として昔から知られており、人が楽しみつつも浄化ができるというメリットがある。両者とも初期投入時は、株を購入する必要があるが、生長が活発なので株分けを行っていけば新たに購入する必要も無く、自然更新に任せておけば良い。

Q—8 ; 土壌浄化の内部構造的な浄化のメカニズムと保守性はどんなものか。

目詰まりして毎年土壌を交換することはないか。

A - 8 ; 土壌浄化は、有機物の無機化および硝化・脱窒といった生物学的作用とリン等の吸着・ろ過の物理学的作用とに分けられる。生物学的な浄化は、土壌 1g中に 2000 万個体以上もいると言われている細菌，原生動物などの微生物，および線虫類などの後生動物の働きによって行われる。物理学的な浄化は、Ca,Mg,AL,Feなどを構成成分とする土壌鉱物粒子の立体配列した団粒構造のろ過・吸着によって行われる¹。

土壌浄化の場合、当然、栄養塩の吸着・ろ過による目詰まりが危惧されるが、これは予め使用する土壌の内部が嫌気化し、リンの除去性能が低下することで、除去継続年数を把握し、適用する必要がある。今回の実証試験で使用了土壌の場合、想定される除去継続年数は約 100 年であり、土壌を交換する必要はまずないと考える。

1: 水と物質の循環からみた土壌浸透浄化法の意義と展望, 稲森悠平他 3 名, 環境技術 2002 年 31 巻 12 号参考